

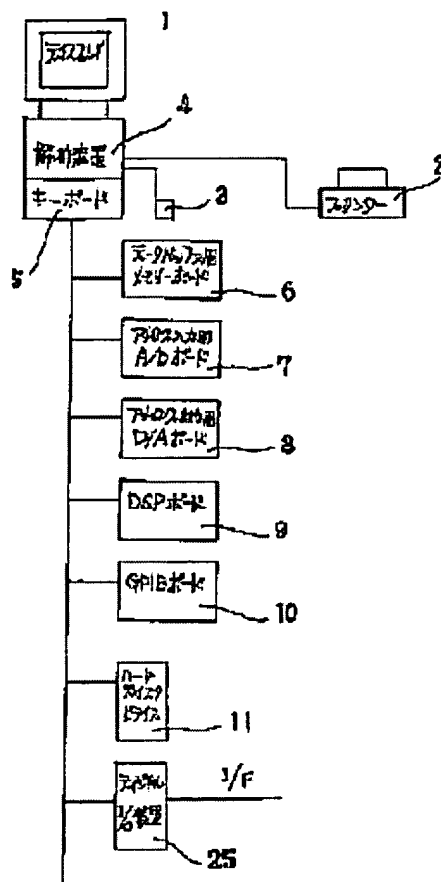
WAVELET TRANSFORMED WAVEFORM SIGNAL ANALYZING SYSTEM, ANALYZING METHOD BY WAVELET TRANSFORMED WAVEFORM SIGNAL ANALYZING TOOL, AND WAVELET TRANSFORMED WAVEFORM SIGNAL ANALYZING DEVICE FOR THE SAME

Patent number: JP8095955
Publication date: 1996-04-12
Inventor: INOUE NORIYUKI; NAGATA MASAO
Applicant: NIPPON BUTSUSEI KK
Classification:
- international: G06F17/14; G01H17/00
- european:
Application number: JP19940255950 19940914
Priority number(s): JP19940255950 19940914

Report a data error here

Abstract of JP8095955

PURPOSE: To analyze even a discontinuous waveform or a waveform equipped with any special point in a short time. **CONSTITUTION:** This wavelet transformed waveform analytistic system is provided with an analyzing function extending the choice of user such as continuous wavelet transform analysis, orthogonal wavelet transform analysis, inverse wavelet transform analysis, FFT, IFFT, SFT, Wigner-Bill distribution analysis and general numerical analysis and a data display function for displaying analyzed result data and data read by a data load means, and the analytistic data and the analyzed result data are inputted, preserved and outputted. Besides, a wavelet function is prepared as standard and at the same time, analysis is performed by the wavelet transformed waveform signal analyzing tool utilizing any arbitrary function or one part of signal data as the wavelet function.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-95955

(43)公開日 平成8年(1996)4月12日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 6 F 17/14

G 0 1 H 17/00

Z

G 0 6 F 15/ 332

S

審査請求 未請求 請求項の数 8 書面 (全 19 頁)

(21)出願番号 特願平6-255950

(22)出願日 平成6年(1994)9月14日

(71)出願人 594173577

日本物性株式会社

東京都新宿区西新宿1丁目24番1号

(72)発明者 井上 典之

東京都新宿区西新宿1丁目24番1号 日本
物性株式会社内

(72)発明者 永田 正夫

東京都新宿区西新宿1丁目24番1号 日本
物性株式会社内

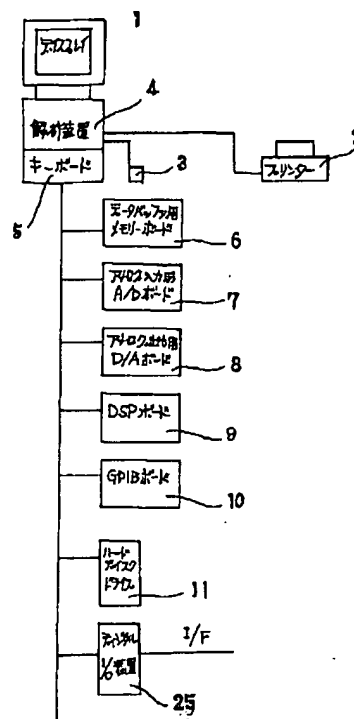
(74)代理人 弁理士 嶋本 久寿弥太

(54)【発明の名称】 ウェーブレット変換波形信号解析システムとウェーブレット変換波形信号解析ツールによる解析方法及びそれに用いるウェーブレット変換波形信号解析装置

(57)【要約】 (修正有)

【目 的】 不連続波形や特異点を有する波形等でも短時間に解析する。

【構 成】 ウェーブレット変換波形解析システムにおいて、連続ウェーブレット変換解析、直交ウェーブレット変換解析、逆ウェーブレット変換解析、FFT、IFFT、SFT、ウィグナービル分布解析、一般数値解析等使用者の選択性を広げた解析機能、並びに解析結果データ及びデータロード機能で読み込まれたデータを表示するデータ表示機能を有し、解析データ及び解析結果データを入力し保存し出力する。また、ウェーブレット関数を標準装備すると同時に、任意の関数又は信号データの一部をウェーブレット関数として利用したウェーブレット変換波形信号解析ツールによる解析を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】連続ウェーブレット変換解析、直交ウェーブレット変換解析、逆ウェーブレット変換解析、FFT（高速フーリエ変換）、IFFT（逆高速フーリエ変換）、SFT（ショートタイムフーリエ変換）、ウィグナー分布解析、一般数値解析など使用者の選択性を広げた解析機能と、解析結果データやデータロード機能で読み込まれたデータを表示するデータ表示機能と、解析に要する入力データおよび出力データを保存するデータ入出力機能とを持つことを特徴とするウェーブレット変換波形解析システム。

【請求項2】連続ウェーブレット変換解析、直交ウェーブレット変換解析、逆ウェーブレット変換解析、FFT（高速フーリエ変換）、IFFT（逆高速フーリエ変換）、SFT（ショートタイムフーリエ変換）、ウィグナー分布解析、一般数値解析など使用者の選択性を広げた解析機能と、解析結果データやデータロード機能で読み込まれたデータを表示するデータ表示機能と、解析に要する入力データおよび出力データを保存するデータ入出力機能とを持ち、プラントの異常解析・発見、心電計、脳波計、超音波診断装置などに応用することを特徴とするウェーブレット変換波形解析システム。

【請求項3】連続ウェーブレット変換解析、直交ウェーブレット変換解析、逆ウェーブレット変換解析、FFT（高速フーリエ変換）、IFFT（逆高速フーリエ変換）、SFT（ショートタイムフーリエ変換）、ウィグナー分布解析、一般数値解析など使用者の選択性を広げた解析機能と、解析結果データやデータロード機能で読み込まれたデータを表示するデータ表示機能と、解析に要する入力データおよび出力データを保存するデータ入出力機能とを持ち、ウェーブレット関数は、メイヤー関数、ガボール関数、ハール関数、メキシカンハット関数、Daubechies（ドゥブチ）関数、フレンチハット関数などを標準装備すると同時に、任意の関数や、信号データの一部をウェーブレット関数として利用し、ウェーブレット関数の範囲を実用上無限とし、ウェーブレット係数の算出範囲（周波数範囲や周波数、時間の算出ステップなど）と、関数形の変化のさせかた（べき変化、線形変化、別の関数形への変化など）を任意に設定できるようにしたことを特徴とするウェーブレット変換波形解析ツールによる解析方法。

【請求項4】時間と周波数に関する2次元のウェーブレット解析データを色別のカラーマップ、グレースケールマップや透視図の形で表示する際に、すべてのデータに共通の表示段階や範囲を設定する通常表示法、各周波数帯毎に計算値の表示段階や範囲を設定する時間ドミナント表示法、各時刻毎に計算値の表示段階や範囲を設定する周波数ドミナント表示法のほかに、データの高域強調や低域強調ができ、その強調の度合いを任意に設定し、時間方向や周波数方向に複数の断面を設定してデータの

複数断面表示などができるようにしたばかりか、表示画面のいくつかを任意に組み合わせる表示できるようにし、それらの画面パターンも複数登録できるようにしたことを特徴とする請求項3記載のウェーブレット変換波形解析ツールによる解析方法。

【請求項5】メイヤー関数、ハール関数、Daubechies（ドゥブチ）関数などを用いた直交ウェーブレット変換に加え、直交ウェーブレット係数を編集（削除、添加、フィルタリング、複数データ間の係数演算、係数選択規則による選択など）した後に逆直交変換ができるようにし、この逆直交変換データやオリジナルデータをDA変換器を通じて音データとして再現し、聴覚によって確認ができるようにしたことを特徴とする請求項3記載のウェーブレット変換波形解析ツールによる解析方法。

【請求項6】すべての解析、表示結果はファイルとして保存できるようにするとともに、該ファイルのフォーマットは他のソフトやハードウェアで使われているものも選ぶことができるようにし、被解析データ入力用のファイルも同様に、多様なフォーマットのものをサポートしていることを特徴とする請求項3記載のウェーブレット変換波形解析ツールによる解析方法。

【請求項7】CRT（陰極線管）またはLCD（液晶表示装置）などのディスプレイ、プリンター、画面上の指示表示（カーソル）を操作するマウスにそれぞれ接続する解析装置と、キーボード、データバッファ用メモリーボード、アナログ入力用A/Dボード、アナログ出力用D/Aボード、高速、並列演算用DSP（デジタル・シグナル・プロセッサ）ボード、外部機器接続用GPIB（データ伝送規格、ゼネラル・パーボス・インターフェース・バス）ボード、HDD（ハードディスクドライブ）で構成され、連続ウェーブレット変換解析、直交ウェーブレット変換解析、逆ウェーブレット変換解析、FFT（高速フーリエ変換）、IFFT（逆高速フーリエ変換）、SFT（ショートタイム・フーリエ解析）、ウィグナー分布解析、一般数値解析など使用者の選択性を広げた解析機能、解析結果データやデータロード機能で読み込まれたデータを表示するデータ表示機能、解析に要する入力データおよび出力データを保存するデータ入出力機能を持ち、プラントの異常解析・発見、心電図、脳波計、超音波診断装置などに応用することを特徴とするウェーブレット変換波形解析ツールによる解析方法に用いる解析装置。

【請求項8】MPU（中央演算処理装置）、RAM（随時書き込み読みだしメモリ）、ROM（読みだし専用メモリ）、キーボードに連設されたキーボードI/F（インターフェース）、CRTに連設されたCRT I/F（インターフェース）、プリンタに連設されたプリンタ I/F（インターフェース）、FDD（フロッピー・ディスク・ドライブ）、マウスに連設されたマウス I/F

(インターフェース), HDD (ハードディスクドライブ) で構成され、連続ウェーブレット変換解析、直交ウェーブレット変換解析、逆ウェーブレット変換解析、FFT (高速フーリエ変換), IFFT (逆高速フーリエ変換), SFT (ショートタイム・フーリエ解析), ウィグナー分布解析、一般数値解析など使用者の選択性を広げた解析機能、解析結果データやデータロード機能で読み込まれたデータを表示するデータ表示機能、解析に要する入力データおよび出力データを保存するデータ入出力機能を持ち、プラントの異常解析・発見、心電図、脳波計、超音波診断装置などに応用することを特徴とするウェーブレット変換波形解析ツールによる解析方法に用いる一体式ウェーブレット変換解析装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、ウェーブレット変換手法を用い、使用者の選択性を持たせた波形解析に関するもので、本発明のために開発したアルゴリズムにより、従来解析が困難であった不連続波形や特異点を有する波形でも短時間に解析するためのウェーブレット変換波形解析システムと、ウェーブレット変換波形解析ツールによる解析方法とそれに用いる解析装置である。

【0002】

【従来の技術】従来、データ解析においてフーリエ解析が最も標準な手法としてデータに含まれる周期構造や相似構造を調べるのに用いられているが、19世紀初頭にジョセフ・フーリエが熱伝導問題の解法として提案された三角関数の和に分解された信号の各成分の大きさをフーリエスペクトルと呼んでおり、データの周期構造や相似構造を目に見える形にしている。

【0003】しかし、時系列の場合、そのような構造の原因となる事象が、なぜ起こったのか、あるいは時間とともに周波数構造がどのように変化するかといったフーリエ係数の位相に関わる問題に対しては、80年代始めにガーバーやカルダーロンなどによってウェーブレット変換解析が適切なものとして開発され、信号解析、素粒子論、乱流理論、宇宙物理学などに用いられるようになってきた。

【0004】一方、時間的または空間的なゆらぎデータの一定の変動パターンや、その不連続性を分析するための手法として知られているウェーブレット変換解析は、工学的には、80年代半ばからフランスで資源探査用人工地震波の解析などに用いられ始めてきた。

【0005】もともと与えられたデータに含まれる特異点を検出する目的で提案されたが、時系列解析の道具としてのみならず、データの情報圧縮や画像解析、視覚モデル、音響・言語の合成、はては深海移動の潜水艦の検出にいたるまで幅広く応用されるようになってきた。しかも、従来難しく、手間のかかったタイプのデータ解析も可能になってきている。

【0006】従来のウェーブレットの変換解析技術では、入力に関しては、ハードウェア、フォーマット形式に依存しており、入力データを形式に合わせて置き換える必要があり、波形の解析においては、逆ウェーブレット変換、直交ウェーブレット変換などの変換ができず、使用者の選択性が狭く、産業での利用分野も限られ、結果の表示においては、使用者が自由に表示形式を設定することができず、n次解析も不可能であり、出力データに関しては画像データのみが表示可能であった。

【0007】ウェーブレット変換解析は、サイズの種類が多く、最小のサイズというものが考えられないような対象を解析するための多重解像度解析、信号処理や画像解析のためのスペクトル解析という特徴をもち、ある意味で局所化されたフーリエ解析となっているもので、現象をさまざまなスケールで観察する手法を与えている。

【0008】

【発明が解決しようとする問題点】上記のように、従来のウェーブレット変換解析では、入力に関しては、ハードウェア、フォーマット形式に依存し、入力データを形式に合わせて置き換える必要があったばかりか、波形の解析では、逆ウェーブレット変換解析、直交ウェーブレット変換解析などの変換ができないという欠点があり、使用者の選択性が狭く、産業での利用分野も限られ、結果の表示では、使用者が自由に表示形式を設定することができず、n次解析も不可能であり、出力データに関しては画像データのみが表示可能というように、入出力の形式、解析の種類、表示の形式について従来のウェーブレット解析装置では、固定化されており、利用の範囲が極めて狭いという問題があった。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、従来の問題点を解決するために、本発明に係る第1の発明は、連続ウェーブレット変換解析、直交ウェーブレット変換解析、逆ウェーブレット変換解析、FFT (高速フーリエ変換), IFFT (逆高速フーリエ変換), SFT (ショートタイム・フーリエ解析), ウィグナービル分布解析、一般数値解析等使用者の選択性を広げた解析機能と、解析結果データやデータロード機能で読み込まれたデータを表示するデータ表示機能と、解析に要する入力データおよび出力データを保存するデータ入出力機能とを持つことを特徴とするウェーブレット変換波形解析システムを提案するものである。

【0010】このシステムの機能は、解析機能、データ表示機能、データ入出力機能の3つの機能に分けられているが、本発明によるウェーブレット変換波形解析の簡単な流れを説明すると、解析内容、関数形、パラメータを含む解析選択と範囲指定の解析設定がなされ、第一にどのパッファのデータに対して、第二にどのような解析を行い、第三にどのパッファに解析結果を書き込むか

を指定して解析を実行するものである。

【0011】データバッファは拡張メモリ上に自由に設定出来るが、信号データファイル、解析結果ファイル、ウェーブレットファイルなど、多くのデータを様々な角度から解析できるようになっており、そのほか、アナログ入出力や補助解析が出来るようになっており、その結果は、ディスプレイに表示されて、必要に応じて印刷されるものである。

【0012】また、第2の発明は、連続ウェーブレット変換解析、直交ウェーブレット変換解析、逆ウェーブレット変換解析、FFT（高速フーリエ変換）、IFFT（逆高速フーリエ変換）、SFT（ショートタイム・フーリエ解析）、ウィグナービル分布解析、一般数値解析等使用者の選択性を広げた解析機能と、解析結果データやデータロード機能で読み込まれたデータを表示するデータ表示機能と、解析に要する入力データおよび出力データを保存するデータ入出力機能とを持つことを特徴とするウェーブレット変換波形解析システムを利用し、プラントの異常解析・発見、心電計、脳波計、超音波診断装置などに応用することを提案するものである。

【0013】また、第3の発明は、連続ウェーブレット変換解析、直交ウェーブレット変換解析、逆ウェーブレット変換解析、FFT（高速フーリエ変換）、IFFT（高速フーリエ変換）、SFT（ショートタイム・フーリエ解析）、ウィグナービル分布解析、一般数値解析等使用者の選択性を広げた解析機能と、解析結果データやデータロード機能で読み込まれたデータを表示するデータ表示機能と、解析に要する入力データおよび出力データを保存するデータ入出力機能とを持ち、ウェーブレット関数は、メイヤー関数、ガボール関数、ハール関数、メキシカンハット関数、フレンチハット関数、Daubechies（ドゥブチ）関数などを標準装備すると同時に、任意の関数や信号データの一部をウェーブレット関数として利用しウェーブレット関数の範囲を実用上無限とし、ウェーブレット係数の算出範囲（周波数範囲や周波数、時間の算出ステップなど）と関数形の変化のさせかた（べき変化、線形変化、別の関数形への変化など）を任意に設定できるようにしたことを特徴とするウェーブレット変換波形解析ツールによる解析方法を提案するものである。

【0014】また、第4の発明は、時間と周波数に関する2次元のウェーブレット解析データを色別のカラーマップ、グレースケールマップや透視図の形で表示する際に、すべてのデータに共通の表示段階や範囲を設定する通常表示法、各周波数帯毎に計算値の表示段階や範囲を設定する時間ドミナント表示法、各時刻毎に計算値の表示段階や範囲を設定する周波数ドミナント表示法などのほかに、データの高域強調や低域強調ができ、その強調の度合いを任意に設定し、時間方向や周波数方向に複数の断面を設定してデータの複数断面表示などができるよ

うにしたばかりか、表示画面のいくつかを任意に組み合わせ表示できるようにし、それらの画面パターンも複数登録できるようにしたウェーブレット変換波形解析ツールによる解析方法を提案するものである。

【0015】また、第5の発明はメイヤー関数、ハール関数、Daubechies（ドゥブチ）関数などを用いた直交ウェーブレット変換に加え、直交ウェーブレット係数を編集（削除、添加、フィルタリング、複数データ間の係数演算、係数選択規則による選択など）した後に逆直交変換を可能とし、この逆直交変換データやオリジナルデータをDA変換器を通じて音データとして再現し聴覚によって確認ができるようにしたウェーブレット変換波形解析ツールによる解析方法を提案するものである。

【0016】また、第6の発明は、すべての解析、表示結果はファイルとして保存できるようにするとともに、該ファイルのフォーマットは、他のソフトやハードウェアで使われているものも選ぶことができるようにし、被解析データ入力用のファイルも同様に、多様なフォーマットのものをサポートしているウェーブレット変換波形解析ツールによる解析方法を提案するものである。

【0017】また、第7の発明は、第1の発明であるウェーブレット変換波形解析システムによる第3～第6の発明であるウェーブレット変換波形解析ツールを用いた解析方法に使用する解析装置であって、CRT（陰極線管）、またはLCD（液晶表示装置）などのディスプレイ1、プリンター2、画面上の指示表示（カーソル）を操作するマウス3に接続する解析装置4、キーボード5、データバッファ用メモリーボード6、アナログ入力用A/Dボード7、アナログ出力用D/Aボード8、高速、並列演算用DSP（デジタル・シグナル・プロセッサ）ボード9、外部機器接続用GPIB（データ伝送規格、ゼネラル・パーボス・インターフェース・バス）ボード10、HDD（ハードディスクドライブ）11で構成されたものであり、連続ウェーブレット変換解析、直交ウェーブレット変換解析、逆ウェーブレット変換解析、FFT（高速フーリエ変換）、IFFT（逆高速フーリエ変換）、SFT（ショートタイム・フーリエ解析）、ウィグナー分布解析、一般数値解析など使用者の選択性を広げた解析機能、解析結果データやデータロード機能で読み込まれたデータを表示するデータ表示機能、解析に要する入力データおよび出力データを保存するデータ入出力機能を持ち、プラントの異常解析・発見、心電図、脳波計、超音波診断装置などに応用することを特徴とするウェーブレット変換波形解析システムによるウェーブレット変換波形解析ツールを用いた解析方法に使用される解析装置を提案するものである。

【0018】また、第8の発明は、第7の発明に加えて、ウェーブレット変換波形解析システムによるウェーブレット変換波形解析ツールを用いた解析方法に使用す

る解析装置であって、MPU（中央演算処理装置）12、RAM（随時書き込み読みだしメモリ）13、ROM（読みだし専用メモリ）14、キーボード16に連設されたキーボードI/F（インターフェース）15、CRT18に連設されたCRTI/F（インターフェース）17、プリンタ20に連設されたプリンタI/F（インターフェース）19、FDD（フロッピー・ディスク・ドライブ）21、マウス23に連設されたマウスI/F（インターフェース）22、HDD（ハード・ディスク・ドライブ）24などで構成されており、連続ウェーブレット変換解析、直交ウェーブレット変換解析、逆ウェーブレット変換解析、FFT（高速フーリエ変換）、IFFT（逆高速フーリエ変換）、SFT（ショートタイム・フーリエ解析）、ウィグナー分布解析、一般数値解析など使用者の選択性を広げた解析機能、解析結果データやデータロード機能で読み込まれたデータを表示するデータ表示機能、解析に要する入力データおよび出力データを保存するデータ入出力機能を持ち、プラントの異常解析・発見、心電図、脳波計、超音波診断装置などに応用することを特徴とするウェーブレット変換波形解析システムによるウェーブレット変換波形解析ツールを用いた解析方法に使用される一体式のウェーブレット変換解析装置を提案するものである。

【0019】また、第8の発明は、ワークステーションやミニコンなどが使われることがあり、一体式のウェーブレット変換解析装置を実施例としてあげたものであり、MPU（中央演算処理装置）12は、中央処理装置を1つ、または複数のLSIで構成されており、専用MPU、汎用MPUが使われる。

【0020】RAM（随時書き込み読みだしメモリ）13は、スタティックRAM、ダイナミックRAMなどが用いられ、OS、アプリケーションソフト、データなどが読み込まれており、キーボードやマウスにより入力となされ、任意のセルにアクセスしてその中のデータを読みだしたり、外部からそのセル中にデータを書き込むことができるようになっていて、ROM（読みだし専用メモリ）14は、メモリの中の任意のセルにアクセス出来るようになっている。

【0021】キーボード16に連設されたキーボードI/F（インターフェース）15、CRT18に連設されたCRTI/F（インターフェース）17、プリンタ20に連設されたプリンタI/F（インターフェース）19、FDD（フロッピー・ディスク・ドライブ）21、HDD（ハード・ディスク・ドライブ）24などは任意に使用される。

【0022】マウス23は、入力装置の1つで、ドラッグ（ボタンを押したままマウスを移動）やクリック（画面上のアイコンその他の表示を指示しながらマウスのボタンを押す）などの操作で、アイコン（パソコンの機能やデータを表す画面上の絵文字）に指示を与えるように

なっている。

【0023】

【作 用】本発明によるウェーブレット変換波形解析システムは、PC/AT互換機、DOS/V機、マッキントッシュ、PC98シリーズ等でMS-DOS、Windows等の環境のもとで動作し、機能としては連続ウェーブレット変換解析、直交ウェーブレット変換解析、逆ウェーブレット変換解析、FFT（高速フーリエ変換）、IFFT（逆高速フーリエ変換）、SFT（ショートタイムフーリエ変換）、ウィグナー分布解析、一般数値解析などの解析機能と、解析結果データやデータロード機能で読み込まれたデータを表示するデータ表示機能と、解析に要する入力データおよび出力データを保存するデータ入出力機能の3つの機能に分けられており、解析の簡単な流れを説明すると、まず、解析設定がなされ、つぎに、解析を実行するために、拡張メモリ上に自由に設定されているデータバッファ8c hで解析し、それらには信号データファイル、解析結果ファイル、ウェーブレットファイルなどを用い、オプションとして、アナログ入力、アナログ出力があり、結果は最大8ウィンドウまで表示され、オプションとしての補助解析も任意に用いられ、プリンターによって出力されるようになって

いる。

【0024】本発明によるウェーブレット変換波形解析システムは、パソコンに限らず、ワークステーション、ミニコンなどを含むばかりか、OS（オペレーティングシステム）として、MS-DOS、Windowsばかりかワークステーション用UNIXなども含むものであり、ハード一体型に構成してもよいことはいうまでもない。

【0025】本発明のウェーブレット変換波形解析ツールによる解析方法では、連続ウェーブレット変換解析、直交ウェーブレット変換解析、逆ウェーブレット変換解析、FFT（高速フーリエ変換）、IFFT（逆高速フーリエ変換）、SFT（ショートタイム・フーリエ変換）、ウィグナー分布解析、一般数値解析等の解析機能ばかりか、解析結果データやデータロード機能で読み込まれたデータを表示するデータ表示機能と、解析に要する入力データおよび出力データを保存するデータ入出力機能を持ち、時（空）間的に性質が変化する非定常データの解析に適し、時（空）間的小および周波数的に最大可能な分解能を持つので、データの詳細なスペクトル変化を細かい時間間隔で解析できる特徴をもっている。

【0026】連続ウェーブレット変換解析では、メイヤー関数、ガボール関数、メキシカンハット関数、ハール関数、フレンチハット関数、Daubechies（ドゥブチ）関数などをサポートし、解析目的に合わせて他のウェーブレット関数を自由に登録できるようになっている。

【0027】直交ウェーブレット変換解析、逆ウェーブ

レット変換解析では、特に重要なメイヤー関数、ハール関数をサポートし、他の関数もサポートできるようになっており、フーリエ変換解析、SFT（ショートタイム・フーリエ変換）解析、ウィグナービル分布解析では、窓関数としてハニング、ハミング、カイザー窓などをサポートし、FFT（高速フーリエ解析）点数は、最大8192点まで可能となっている。

【0028】データ解析機能では、まず解析設定がなされ、解析設定では解析選択と範囲指定がなされ、解析選択では解析内容、関数形、パラメータが含まれており、第一に、どのバッファのデータに対して、第二にどのような解析を行い、第三にどのバッファに解析結果を書き込むかを指定して解析を実行するもので、解析に当たり指定できるパラメータには、基本ウェーブレットデータ点数、解析周波数（次数）範囲、逆ウェーブレット変換範囲、FFT（高速フーリエ解析）点数、窓サイズ、データ解析範囲などがあり、ウェーブレット解析を中心として、連続ウェーブレット変換解析、直交ウェーブレット変換解析、逆ウェーブレット変換解析、FFT（高速フーリエ解析）、IFFT（逆高速フーリエ解析）、SFT（ショートタイム・フーリエ変換）、ウィグナー分布解析などの解析ができるほか、オプションとしての補助解析も保有しており、オプションで一般数値解析（微積分、統計処理など）ができるようになっている。

【0029】また、いままで変換に使うウェーブレット関数形は非常に限られていて、ユーザーが自由に登録することができなかったが、本発明の解析機能では、ウェーブレット関数は、メイヤー関数、ガボール関数、ハール関数、メキシカンハット関数、フレンチハット関数、Daubechies（ドゥブチ）関数などを標準装備していることもあり、広範囲のウェーブレット関数形をサポートし、更に、任意のデータをウェーブレットとして採用、登録できるようになっており、ガボール関数においてはパラメータを変更することができ、さらに、あらゆる任意の関数をウェーブレット関数形として採用・登録し利用できるようにしている。

【0030】さらに、信号データ、解析データ用に8つのデータバッファを持っており、1個の信号データに、7種の解析、4個のデータに各1種の解析などが実行可能となっていて、拡張メモリ上に自由に設定することができ、信号データファイル、解析結果ファイル、ウェーブレットファイルなど、多くのデータを様々な角度から解析することができるようになっている。

【0031】解析可能データ数は搭載されているメモリ容量に依存するが、データバッファの容量割り当てを自由に設定できるようになっている。

【0032】データ表示機能では、表示画面指定、表示パラメータ設定、表示形式の指定、拡大・縮小、スクロール、ヘッダー表示／入力／修正、ズーム、カラースケール設定の表示がなされ、解析結果データやデータロー

ド機能で読み込まれたデータは豊富なデータ表示機能を使って詳細に解析することができ、補助解析機能と組み合わせることによって、一層強力なデータ解析が可能となり、使用者の利用形態を想定し、表示能力に十分な注意を払っているだけに高度なウェーブレット変換波形解析を、各種の豊富な形でわかりやすく表示することもできるようになった。

【0033】表示画面指定は、画面が縦横の分割数が1×1（画面数1）、1×2（画面数2）、2×1（画面数2）、2×2（画面数4）、4×1（画面数4）、4×2（画面数8）の6タイプから構成され、各画面タイプの各分割画面に、どのバッファデータを表示するかは任意に指定することが出来るが、パソコン内部のデータや操作手順を表示する画面上の窓として最大8ウィンドウまで表示できるようになっている。

【0034】表示パラメータ設定、表示形式の指定では、x、y、zのオフセット、スケール、グラフ形式（点プロット表示、カラーマップ、ライン表示、透視画面など）、データ形式（実数、実部、虚部、絶対値、パワー、位相など）、スケール形式（リニア、対数など）など分割画面の表示の仕方が指定出来るようになっている。

【0035】拡大・縮小、スクロールでは、特定のウィンドウの拡大、縮小およびスクロール表示ができるようになっている、ヘッダー表示／入力／修正では、解析データのタイトル、コメントなどが入力できるようになっている。

【0036】そのほか、ズームとして指定したチャンネルのデータをフル画面で表示でき、比較表示、断面表示、任意部分の拡大などができるようになっている。

【0037】データ入出力機能では、ロード／セーブ、ユーティリティのほか、アナログ入力、アナログ出力で構成されており、ロード／セーブは解析ロード／セーブと画面データロード／セーブが含まれており、データセーブ機能はデータバッファ上の信号データや解析結果データの数値データがセーブされ、グラフィック表示画面もそのままセーブできるようになっている。

【0038】データロード機能は、セーブされた数値データを指定したチャンネルにロードし、セーブされたグラフィック表示画面は、画面上に表示出来る。

【0039】データ入力機能では、いままではデータの入力がハードウェアやフォーマットに依存するという不都合があったが、本発明のデータ入力機能によれば、MS-DOSのファイルフォーマットでアスキー、バイナリ形式のデータであれば広範囲にほとんどのデータが扱え、それらを入力・解析でき、フロッピーディスクを介したデータの入力ばかりか、バージョンアップでGPIB（ゼネラル・パーボス・インターフェース・バス）などの汎用インターフェイスを介してデータ入力ができるようになったばかりか、A/Dボードを使ったアナロ

グ入力にも対応できるようになった。

【0040】データ出力機能では、いままでは解析結果のデータは画像データの形で保存するだけで数値データとして保存できないため、解析結果に基づいて二次処理、二次解析を行うことができないが、本発明のデータ出力機能によれば、解析結果を数値データの形で保存できるため、二次解析を行うことができるようになった。

【0041】図1は、本発明の実施に用いるウェーブレット変換波形解析装置のブロック図で、CRT（陰極線管）またはLCD（液晶表示装置）などのディスプレイ1、プリンター2、画面上の指示表示（カーソル）を操作するマウス3にそれぞれ接続する解析装置4と、該解析装置4に内蔵または分離されているキーボード5と、解析装置4に接続する13データバッファ用メモリーボード6、アナログ入力用A/D（アナログ・デジタル）ボード7、アナログ出力用D/A（デジタル・アナログ）ボード8、高速・並列演算用DSP（デジタル・シグナル・プロセッサ）ボード9、外部機器14接続用GPIB（ゼネラル・パーボス・インターフェース・バス）ボード10、HDD（ハードディスクドライブ）11で構成され、ディスプレイ1はCRT（陰極線管）、LCD（液晶表示装置）などが用いられ、解析装置4はPC98シリーズ、PC（パソコン）/AT互換機（CPU180386以上、コプロセッサ付き）、DOS（ディスク・オペレーティング・システム）/V機、マッキントッシュなどが用いられ、ワークステーションやミニコンなどが使われることもあり、OS（オペレーティングシステム）として、MS-DOS、Windowsばかりか、ワークステーション用UNIXなども含むものであり、ハード一体型に構成してもよいことはいうまでもないことである。

【0042】図2～図5は、高速で回転する機械の音をマイクで録音し、本発明によるウェーブレット変換波形解析ツールによる解析によって解析した結果を示したものであって、解析に用いたウェーブレットはガボール関数で、用いたパラメータではほぼ4波長分のガウシアン窓をもった三角関数に該当するものである。

【0043】解析結果として、図2、図3は画面が0ms～100msのデータを示し、図4、図5は画面が50ms～75msのデータを示しており、図2、図4は、信号データを表示し、図3、図5は、ウェーブレット解析結果を12段階のカラースケールで表示している。

【0044】こうした解析結果から、時間の経過とともに周波数分布が推移している様子が明確に見て取れるものである。特に、高い周波数部分で時間的に激しく変化している様子などは、フーリエ解析ではぼやけてしまい、明瞭に見ることができないものであり、全体的に周波数分布の多重構造も、明瞭に浮き彫りにされるようになっている。

【0045】図6は、本発明の実施に用いる一体式のウェーブレット解析装置のブロック図で、MPU（中央演算処理装置）12、RAM13、ROM14、キーボード16に連設されたキーボードI/F15、CRT18に連設されたCRT I/F17、プリンタ20に連設されたプリンタI/F19、FDD21、マウス23に連設されたマウスI/F22、HDD（ハードディスクドライブ）24で構成された実施例であり、解析機能、データ表示機能、データ入出力機能がコンパクトに一体化されており、簡単に搬送することができるばかりか、操作も複雑さを除去出来るようになっている。

【0046】

【発明の効果】以上のように、この発明に係わるウェーブレット変換波形解析システムとウェーブレット変換波形解析ツールによる解析方法及びそれに用いる解析装置によれば、本発明のために開発したアルゴリズムにより、従来解析が困難であった不連続波形や特異点を有する波形でも短時間に解析でき、ウェーブレット変換手法を用い、パソコンなどによって、手軽に、しかも、簡単にウェーブレット交換波形解析ができるばかりか、連続ウェーブレット変換、直交ウェーブレット変換、逆ウェーブレット変換など、本格的なウェーブレット変換波形解析ができ、データの詳細なスペクトル変化を細かい時間間隔で解析できるようになった。

【0047】また、計算した結果は、表示画面指定によって、縦横の分割数が1×1（画面数1）、1×2（画面数2）、2×1（画面数2）、2×2（画面数4）、4×1（画面数4）、4×2（画面数8）など多様な6タイプの表示形態を駆使し、各画面タイプの各分割画面に、どのバッファデータを表示するかが任意に指定することもでき、豊富な使いやすい表示機能、カラーハードコピー、データロープ/セーブ機能を使い、解析データの分析、比較、他の解析手法との比較等の連携ができるようになった。

【0048】また、ウェーブレット係数の算出範囲を密にし、周波数ドミナント表示で各時刻の支配的周波数を追跡することで周波数遷移過程を高い周波数精度で検出することが可能となった。従ってドップラーシフトを精度良く算出出来るようになった。

【0049】ウェーブレット関数形を適切に選択し、かつ周波数ドミナント表示で中心的周波数の遷移を追跡することで、急激な中心的周波数の変化する位置として地震波の初期微動に含まれるある種の遷移位置を検出できるようになった。

【0050】心電図のレイトポテンシャルの存在を適切なウェーブレットと時間ドミナント表示により検出することができるようになった。

【0051】総じて周波数分布の時間的変化をウェーブレット関数、解析方式・範囲や表示方法の巧みに選択することにより時間的、周波数的に精度良く把握すること

13

ができるようになった。

【0052】逆直交変換を直交変換係数をうまく編集することでオリジナルデータにあった「不決」感成分を抽出することができるようになり、抽出結果を耳で確認することもできるようになった。

【0053】さらに、豊富なオプション機能を保有するため、バージョンアップに合わせて最適な解析環境を整備できるようになった。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施に用いるウェーブレット変換波形解析装置のブロック図。

【図2】本発明の実施による信号データの表示図。

【図3】本発明の実施によるスケール表示図。

【図4】本発明の実施による信号データの表示図。

【図5】本発明の実施によるスケール表示図。

【図6】本発明の実施に用いる一体式ウェーブレット変換波形解析装置のブロック図。

【符号の説明】

- 1 : ディスプレイ
2 : プリンター
3 : マウス

14

4 : 解析装置

5 : キーボード

6 : データバッファ用メモリーボード

7 : アナログ入力用A/Dボード

8 : アナログ出力用D/Aボード

9 : 高速、並列演算用DSPボード

10 : 外部機器接続用GPIBボード

11 : ハードディスクドライブ

12 : MPU (中央演算処理装置)

13 : RAM

14 : ROM

15 : キーボード・インターフェース

16 : キーボード

17 : CRTインターフェース

18 : CRT

19 : プリンタインターフェース

20 : プリンタ

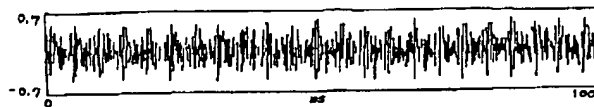
21 : FDD (フロッピー・ディスク・ドライブ)

22 : マウス・インターフェース

23 : マウス

24 : ハードディスクドライブ

【図2】



【図3】



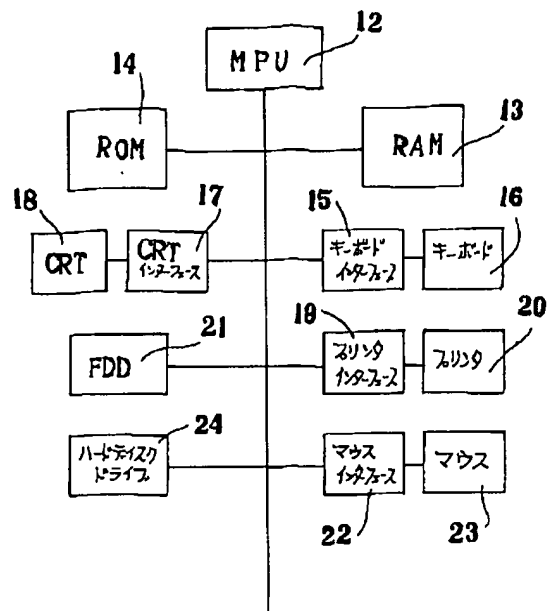
【図4】



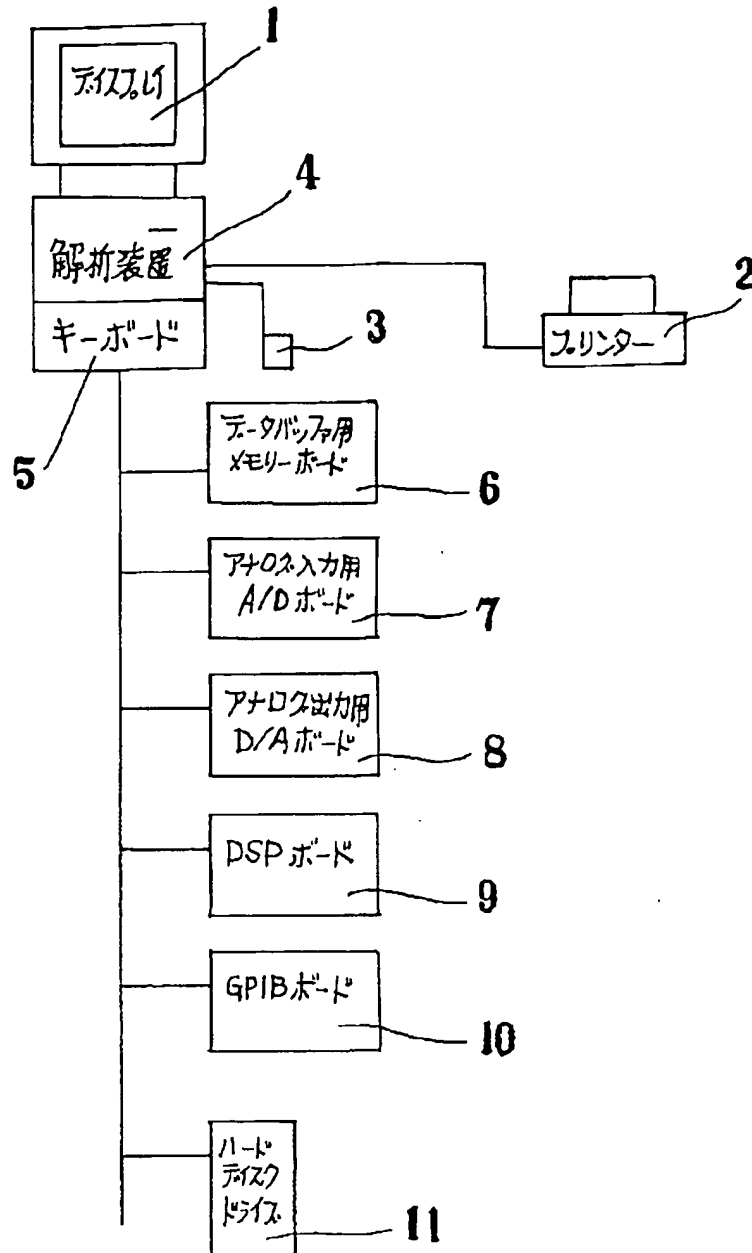
【図5】



【図6】



【図 1】



【手続補正書】

【提出日】平成 6 年 11 月 15 日

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】ウェーブレット変換波形信号解析システムとウェーブレット変換波形信号解析ツールによる解

析方法及びそれに用いるウェーブレット変換波形信号解析装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】連続ウェーブレット変換解析、直交ウェーブレット変換解析、逆ウェーブレット変換解析、FFT（高速フーリエ変換）、IFFT（逆高速フーリエ変換）、SFT（ショートタイムフーリエ変換）、ウィグナービル分布解析、一般数値解析など使用者の選択性を広げた解析機能と、解析結果データやデータロード機能

で読み込まれたデータを表示するデータ表示機能と、解析データ及び解析結果データを入力、保存及び出力する機能とを持つことを特徴とするウェーブレット変換波形信号解析システム。

【請求項2】連続ウェーブレット変換解析、直交ウェーブレット変換解析、逆ウェーブレット変換解析、FFT（高速フーリエ変換）、IFFT（逆高速フーリエ変換）、SFT（ショートタイムフーリエ変換）、ウイグナー分布解析、一般数値解析など使用者の選択性を広げた解析機能と、解析結果データやデータロード機能で読み込まれたデータを表示するデータ表示機能と、解析データ及び解析結果データを入力、保存及び出力する機能とを持ち、プラント及び／または各種装置類の異常解析・発見、心電計、脳波計、超音波診断装置、超音波検査装置、画像処理及びその他の前処理などに応用することを特徴とする請求項1記載のウェーブレット変換波形信号解析システム。

【請求項3】連続ウェーブレット変換解析、直交ウェーブレット変換解析、逆ウェーブレット変換解析、FFT（高速フーリエ変換）、IFFT（逆高速フーリエ変換）、SFT（ショートタイムフーリエ変換）、ウイグナー分布解析、一般数値解析など使用者の選択性を広げた解析機能と、解析結果データやデータロード機能で読み込まれたデータを表示するデータ表示機能と、解析データ及び解析結果データを入力、保存及び出力する機能とを持ち、ウェーブレット関数はメイヤー関数、ガボール関数、ハール関数、メキシカンハット関数、Daubechies（ドゥブチ）関数、フレンチハット関数などを標準装備すると同時に、任意の関数や、信号データの一部分をウェーブレット関数として利用し、必要な場合には登録でき、ウェーブレット関数の範囲を実用上無限とし、ウェーブレット係数の算出範囲（周波数範囲や周波数、時間の算出ステップなど）と、関数形の変化のさせかた（べき変化、線形変化、別の関数形への変化など）を任意に設定できるようにしたことを特徴とするウェーブレット変換波形信号解析ツールによる解析方法。

【請求項4】時間と周波数に関する2次元のウェーブレット解析データを色別のカラーマップ、グレースケールマップや透視図の形で表示する際に、すべてのデータに共通の表示段階や範囲を設定する通常表示法、各周波数帯毎に計算値の表示段階や範囲を設定する時間ドミナント表示法、各時刻毎に計算値の表示段階や範囲を設定する周波数ドミナント表示法のほかに、データの全域強調や低域強調ができ、その強調の度合いを任意に設定し、時間方向や周波数方向に複数の断面を設定してデータの複数断面表示などができるようにしたばかりか、表示画面のいくつかを任意に組み合わせて表示できるようにし、それらの画面パターンも複数登録できるようにしたことを特徴とする請求項3記載のウェーブレット変換波

形信号解析ツールによる解析方法。

【請求項5】メイヤー関数、ハール関数、Daubechies（ドゥブチ）関数などを用いた直交ウェーブレット変換に加え、直交ウェーブレット係数を編集（削除、追加、フィルタリング、複数データ間の係数演算、係数選択規則による選択など）した後に逆直交変換ができるようにし、この逆直交変換データやオリジナルデータをDA変換器を通じて音データとして再現し、聴覚によって確認ができるようにしたことを特徴とする請求項3記載のウェーブレット変換波形信号解析ツールによる解析方法。

【請求項6】すべての解析、表示結果はファイルとして保存できるようにするとともに、該ファイルのフォーマットは他のソフトやハードウェアで使われているものも選ぶことができるようにし、被解析データ入力用のファイルも同様に、多様なフォーマットのものをサポートし、かつ、解析カスタマイズ機能も保持していることを特徴とする請求項3記載のウェーブレット変換波形信号解析ツールによる解析方法。

【請求項7】CRT（陰極線管）またはLCD（液晶表示装置）などのディスプレイ、プリンター、画面上の指示表示（カーソル）を操作するマウスにそれぞれ接続する解析装置と、キーボード、データバッファ用メモリーボード、アナログ入力用A/Dボード、アナログ出力用D/Aボード、高速、並列演算用DSP（デジタル・シグナル・プロセッサ）ボード、外部機器接続用GPIB（データ伝送規格、ゼネラル・パーパス・インターフェース・バス）ボード、HDD（ハードディスクドライブ）、インターフェースにつながるディジタルI/O（入出力）装置で構成され、連続ウェーブレット変換解析、直交ウェーブレット変換解析、逆ウェーブレット変換解析、FFT（高速フーリエ変換）、IFFT（逆高速フーリエ変換）、SFT（ショートタイム・フーリエ変換）、ウイグナー分布解析、一般数値解析など使用者の選択性を広げた解析機能、解析結果データやデータロード機能で読み込まれたデータを表示するデータ表示機能、解析データ及び解析結果データを入力、保存及び出力する機能とを持ち、プラント及び／または各種装置類の異常解析・発見、心電計、脳波計、超音波診断装置、超音波検査装置、画像処理及びその他の前処理などに応用することを特徴とするウェーブレット変換波形信号解析ツールによる解析方法に用いるウェーブレット変換波形信号解析装置。

【請求項8】MPU（中央演算処理装置）、RAM（随時書き込み読みだしメモリ）、ROM（読みだし専用メモリ）、キーボードに連設されたキーボードI/F（インターフェース）、CRTに連設されたCRT・I/F（インターフェース）、プリンタに連設されたプリンタI/F（インターフェース）、FDD（フロッピー・ディスク・ドライブ）、マウスに連設されたマウスI/F

(インターフェース), HDD (ハードディスクドライブ)、高速、並列演算用DSP (デジタル・シグナル・プロセッサ) ユニット、デジタルI/O (入出力) 装置、アナログ入力用A/Dボード、アナログ出力用D/Aボード、外部機器接続用GPIB (データ伝送規格、ゼネラル・パーパス・インターフェース・バス) ボードで構成され、連続ウェーブレット変換解析、直交ウェーブレット変換解析、逆ウェーブレット変換解析、FFT (高速フーリエ変換)、IFFT (逆高速フーリエ変換)、SFT (ショートタイム・フーリエ解析)、ウィグナー分布解析、一般数値解析など使用者の選択性を広げた解析機能、解析結果データやデータロード機能で読み込まれたデータを表示するデータ表示機能、解析データ及び解析結果データを入力、保存及び出力する機能を持ち、プラント及び/または各種装置類の異常解析・発見、心電計、脳波計、超音波診断装置、超音波検査装置、画像処理及びその他の前処理などに応用することをも特徴とするウェーブレット変換波形信号解析ツールによる解析方法に用いる一体型ウェーブレット変換波形信号解析装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、ウェーブレット変換手法を用い、使用者の選択性を持たせた波形解析に関するもので、本発明のために開発したアルゴリズムにより、従来解析が困難であった不連続波形や特異点を有する波形でも短時間に解析するためのウェーブレット変換波形信号解析システムと、ウェーブレット変換波形信号解析ツールによる解析方法とそれに用いる解析装置である。

【0002】

【従来の技術】従来、データ解析においてフーリエ解析が最も標準な手法としてデータに含まれる周期構造や相似構造を調べるのに用いられているが、19世紀初頭にジョセフ・フーリエが熱伝導問題の解法として提案された三角関数の和に分解された信号の各成分の大きさをフーリエスペクトルと呼んでおり、データの周期構造や相似構造を目に見える形にしている。

【0003】しかし、時系列の場合、そのような構造の原因となる事象が、なぜ起こったのか、あるいは時間とともに周波数構造がどのように変化するかといったフーリエ係数の位相に関わる問題に対しては、80年代始めにガーバーやカルダーロンなどによってガボール変換解析が適切なものとして開発され、信号解析、素粒子論、乱流理論、宇宙物理学などに用いられるようになってきた。

【0004】一方、時間的または空間的なゆらぎデータの一定の変動パターンや、その不連続性を分析するための手法として知られているウェーブレット変換解析は、工学的には、80年代半ばからフランスで資源探査用人工地震波の解析などに用いられ始めてきた。

【0005】もともと与えられたデータに含まれる特異点を検出する目的で提案されたが、時系列解析の道具としてのみならず、データの情報圧縮や画像解析、視聴覚のモデル、音響・言語の合成、はては深海移動の潜水艦の検出にいたるまで幅広く応用されるようになってきた。しかも、従来難しく、手間のかかったタイプのデータ解析も可能になってきている。

【0006】従来のウェーブレットの変換解析技術では、入力に関しては、ハードウェア、フォーマット形式に依存しており、入力データを形式に合わせて置き換える必要があり、波形信号の解析においては、逆ウェーブレット変換、直交ウェーブレット変換などの変換ができず、使用者の選択性が狭く、産業での利用分野も限られ、結果の表示においては、使用者が自由に表示形式を設定することができず、保存データ及び出力データに関しては画像データのみが表示可能であり、数値データとして扱えないため、2次処理やn次解析ができなかった。

【0007】ウェーブレット変換解析は、最小のサイズというものが考えられないような対象を解析するための多重解像度解析、信号処理や画像解析のためのスペクトル解析等ができるという特徴をもっており、ある意味で局所化されたフーリエ解析となっているもので、現象をさまざまなスケールで観察する手法を与えている。

【0008】

【発明が解決しようとする問題点】上記のように、従来のウェーブレット変換解析では、入力に関しては、ハードウェア、フォーマット形式に依存し、入力データを形式に合わせて直置き換える必要があったばかりか、波形の解析では、逆ウェーブレット変換解析、直交ウェーブレット変換解析などの変換ができないという欠点があり、使用者の選択性が狭く、産業での利用分野も限られ、結果の表示では、使用者が自由に表示形式を設定することができず、解析結果は画像データとして扱われ、数値データでないため、n次解析が不可能であり、出力データに関しては画像データのみが表示可能というように、入出力の形式、解析の種類、表示の形式について従来のウェーブレット変換解析装置では、固定化されており、利用の範囲が極めて狭いという問題があった。

【0009】また、フーリエ解析においては、ある時刻からある時刻まで、結果として生じた現象が判るだけであり、その現象が時間の経過とともにどう変化したかという経時変化に関する情報は得られなかった。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明に係る第1の発明は、従来の問題点を解決するために連続ウェーブレット変換解析、直交ウェーブレット変換解析、逆ウェーブレット変換解析、FFT (高速フーリエ変換)、IFFT (逆高速フーリエ変換)、SFT (ショートタイム・フーリエ解析)、ウィグナービル分布解析、一般数値解析

等使用者の選択性を広げた解析機能と、解析結果データやデータロード機能で読み込まれたデータを表示するデータ表示機能と、解析データ及び解析結果データを入力、保存及び出力する機能とを持つことを特徴とするウェーブレット変換波形信号解析システムを提案するものである。

【0011】このシステムの機能は、解析機能、データ表示機能、データ入出力・保存機能の3つの機能に分けられているが、本発明によるウェーブレット変換波形信号解析の簡単な流れを説明すると、解析内容、関数形、パラメータを含む解析条件選択と範囲指定の解析設定がなされ、第一にどのバッファのデータに対して、第二にどのような解析を行い、第三にどのバッファに解析結果を書き込むかを指定して解析を実行するものである。

【0012】データバッファは拡張メモリ上に自由に設定出来るが、信号データファイル、解析結果ファイル、ウェーブレットファイルなど、多くのデータを様々な角度から解析できるようになっており、そのほか、アナログ入出力や補助解析が出来るようになっており、その結果は、ディスプレイに表示されて、必要に応じて印刷されるものである。

【0013】また、第2の発明は、連続ウェーブレット変換解析、直交ウェーブレット変換解析、逆ウェーブレット変換解析、FFT（高速フーリエ変換）、IFFT（逆高速フーリエ変換）、SFT（ショートタイム・フーリエ解析）、ウィグナービル分布解析、一般数値解析等使用者の選択性を広げた解析機能と、解析結果データやデータロード機能で読み込まれたデータを表示するデータ表示機能と、解析データ及び解析結果データを入力、保存及び出力する機能とを持つことを特徴とするウェーブレット変換波形信号解析システムを利用し、プラント及び／または各種装置類の異常解析・発見、心電計、脳波計、超音波診断装置、超音波検査装置、画像処理及びその他の前処理などに応用することを提案するものである。

【0014】また、第3の発明は、連続ウェーブレット変換解析、直交ウェーブレット変換解析、逆ウェーブレット変換解析、FFT（高速フーリエ変換）、IFFT（高速フーリエ変換）、SFT（ショートタイム・フーリエ解析）、ウィグナービル分布解析、一般数値解析等使用者の選択性を広げた解析機能と、解析結果データやデータロード機能で読み込まれたデータを表示するデータ表示機能と、解析データ及び解析結果データを入力、保存及び出力する機能とを持ち、ウェーブレット関数は、メイヤー関数、ガボール関数、ハール関数、メキシカンハット関数、フレンチハット関数、Daubechies（ドゥブチ）関数などを標準装備すると同時に、任意の関数や信号データの一部をウェーブレット関数として利用し、かつそれらは登録することができ、ウェーブレット関数の範囲を実用上無限とし、ウェーブ

レット係数の算出範囲（周波数範囲や周波数、時間の算出ステップなど）と関数形の変化のさせかた（べき変化、線形変化、別の関数形への変化など）を任意に設定できるようにしたことを特徴とするウェーブレット変換波形信号解析ツールによる解析方法を提案するものである。

【0015】また、第4の発明は、時間と周波数に関する2次元のウェーブレット解析データを色別のカラーマップ、グレースケールマップや透視図の形で表示する際に、すべてのデータに共通の表示段階や範囲を設定する通常表示法、各周波数帯毎に計算値の表示段階や範囲を設定する時間ドミナント表示法、各時刻毎に計算値の表示段階や範囲を設定する周波数ドミナント表示法などのほかに、データの高域強調や低域強調ができ、その強調の度合いを任意に設定し、時間方向や周波数方向に複数の断面を設定してデータの複数断面表示などができるようにしたばかりか、表示画面のいくつかを任意に組み合わせる表示できるようにし、それらの画面パターンも複数登録できるようにしたウェーブレット変換波形信号解析ツールによる解析方法を提案するものである。

【0016】また、第5の発明はメイヤー関数、ハール関数、Daubechies（ドゥブチ）関数などを用いた直交ウェーブレット変換に加え、直交ウェーブレット係数を編集（削除、添加、フィルタリング、複数データ間の係数演算、係数選択規則による選択など）した後逆直交変換を可能とし、この逆直交変換データやオリジナルデータをDA変換器を通じて音データとして再現し聴覚によって確認ができるようにしたウェーブレット変換波形信号解析ツールによる解析方法を提案するものである。

【0017】また、第6の発明は、すべての解析、表示結果はファイルとして保存できるようにするとともに、該ファイルのフォーマットは、他のソフトやハードウェアで使われているものも選ぶことができるようにし、被解析データ入力用のファイルも同様に、多様なフォーマットのものをサポートし、かつ解析カスタマイズ機能も保持しているウェーブレット変換波形信号解析ツールによる解析方法を提案するものである。

【0018】また、第7の発明は、第1の発明であるウェーブレット変換波形信号解析システムによる第3～第6の発明であるウェーブレット変換波形信号解析ツールを用いた解析方法に使用するウェーブレット変換波形信号解析装置であって、CRT（陰極線管）、またはLCD（液晶表示装置）などのディスプレイ1、プリンター2、画面上の指示表示（カーソル）9を操作するマウス3に接続する解析装置4、キーボード5、データバッファ用メモリーボード6、アナログ入力用A/Dボード7、アナログ出力用D/Aボード8、高速、並列演算用DSP（デジタル・シグナル・プロセッサ）ボード9、外部機器接続用GPIB（データ伝送規格、ゼネラル・パーボス・インターフェース・バス）ボード10、HD

D (ハードディスクドライブ) 11、インターフェースにつながるデジタルI/O (入出力) 装置25などで構成されたものであり、連続ウェーブレット変換解析、直交ウェーブレット変換解析、逆ウェーブレット変換解析、FFT (高速フーリエ変換)、IFFT (逆高速フーリエ変換)、SFT (ショートタイム・フーリエ解析)、ウイグナー分布解析、一般数値解析など使用者の選択性を広げた解析機能、解析結果データやデータロード機能で読み込まれたデータを表示するデータ表示機能、解析データ及び解析結果データを入力、保存及び出力する機能を持ち、プラント及び/または各種装置類の異常解析・発見、心電計、脳波計、超音波診断装置、超音波検査装置、画像処理及びその他の前処理などに応用することを特徴とするウェーブレット変換波形信号解析システムによるウェーブレット変換波形信号解析ツールを用いた解析方法に使用されるウェーブレット変換波形信号解析装置を提案するものである。

【0019】また、第8の発明は、第7の発明に加えて、ウェーブレット変換波形信号解析システムによるウェーブレット変換波形信号解析ツールを用いた解析方法に使用する一体型ウェーブレット変換波形信号解析装置であって、MPU (中央演算処理装置) 12、RAM (随時書き込み読みだしメモリ) 13、ROM (読みだし専用メモリ) 14、キーボード16に連設されたキーボードI/F (インターフェース) 15、CRT18に連設されたCRTI/F (インターフェース) 17、プリンタ20に連設されたプリンタI/F (インターフェース) 19、FDD (フロッピー・ディスク・ドライブ) 21、マウス23に連設されたマウスI/F (インターフェース) 22、HDD (ハード・ディスク・ドライブ) 24、高速、並列演算用DSP (デジタル・シグナル・プロセッサ) ユニット26、デジタルI/O (入出力) 装置27、アナログ入力用A/Dボード28、アナログ出力用D/Aボード29、外部機器接続用GPB (データ伝送規格、ゼネラル・パーパス・インターフェース・バス) ボード30などで構成されており、連続ウェーブレット変換解析、直交ウェーブレット変換解析、逆ウェーブレット変換解析、FFT (高速フーリエ変換)、IFFT (逆高速フーリエ変換)、SFT (ショートタイム・フーリエ解析)、ウイグナー分布解析、一般数値解析など使用者の選択性を広げた解析機能、解析結果データやデータロード機能で読み込まれたデータを表示するデータ表示機能、解析データ及び解析結果データを入力、保存及び出力する機能を持ち、プラント及び/または各種装置類の異常解析・発見、心電図、脳波計、超音波診断装置、超音波検査装置、画像処理及びその他の前処理などに応用することを特徴とするウェーブレット変換波形信号解析システムによるウェーブレット変換波形信号解析ツールを用いた解析方法に用いられる一体型のウェーブレット変換波形信号解析装置を提案す

るものである。

【0020】また、第8の発明は、ワークステーションやミニコンなどが使われることがあり、一体型のウェーブレット変換波形信号解析装置を実施例としてあげたものであり、MPU (中央演算処理装置) 12は、中央処理装置を1つ、または複数のLSIで構成されており、専用MPU、汎用MPUが使われる。

【0021】RAM (随時書き込み読みだしメモリ) 13は、スタティックRAM、ダイナミックRAMなどが用いられ、OS、アプリケーションソフト、データなどが読み込まれており、キーボード16やマウス23により入力が入り、任意のセルにアクセスしてその中のデータを読みだしたり、外部からそのセル中にデータを書き込むことができるようになっていて、ROM (読みだし専用メモリ) 14は、メモリの中の任意のセルにアクセス出来るようになっている。

【0022】キーボード16に連設されたキーボードI/F (インターフェース) 15、CRT18に連設されたCRTI/F (インターフェース) 17、プリンタ20に連設されたプリンタI/F (インターフェース) 19、FDD (フロッピー・ディスク・ドライブ) 21、HDD (ハード・ディスク・ドライブ) 24、高速、並列演算用DSP (デジタル・シグナル・プロセッサ) ユニット26、デジタルI/O (入出力) 装置27、アナログ入力用A/Dボード28、アナログ出力用D/Aボード29、外部機器接続用GPB (データ伝送規格、ゼネラル・パーパス・インターフェース・バス) ボード30などは任意に使用される。

【0023】マウス23は、入力装置の1つで、ドラッグ (ボタンを押したままマウスを移動) やクリック (画面上のアイコンその他の表示を指示しながらマウスのボタンを押す) などの操作で、アイコン (パソコンの機能やデータを表す画面上の絵文字) に指示を与えるようになっている。

【0024】

【作 用】本発明によるウェーブレット変換波形解析システムは、PC/AT互換機、DOS/V機、マッキントッシュ、PC98シリーズ等パソコンからスーパーコンピュータまで全てのコンピュータで解析でき、MS-DOS、Windows等の環境 (現在ある全てのOSで利用でき、将来現れるOSにも対応できるように機能が設計されている) のもとで動作し、機能としては連続ウェーブレット変換解析、直交ウェーブレット変換解析、逆ウェーブレット変換解析、FFT (高速フーリエ変換)、IFFT (逆高速フーリエ変換)、SFT (ショートタイムフーリエ変換)、ウイグナー分布解析、一般数値解析などの解析機能と、解析結果データやデータロード機能で読み込まれたデータを表示するデータ表示機能と、解析データ及び解析結果データを入力、保存及び出力する機能の3つの機能に分けられており、解析の

簡単な流れを説明すると、まず、解析設定がなされ、つぎに、解析を実行するために、限定されないが拡張メモリ上に自由に設定されているデータバッファ10チャンネルで解析し、それらには信号データファイル、解析結果ファイル、ウェーブレットファイルなどを用い、オプションとして、アナログ入力、アナログ出力があり、結果は限定されないが最大10ウィンドウまで表示され、オプションとしての補助解析も任意に用いられ、プリンターによって出力されるようになっている。

【0025】本発明によるウェーブレット変換波形信号解析システムは、パソコンに限らず、ワークステーション、ミニコンなどコンピュータ全てを含むばかりか、OS（オペレーティングシステム）として、MS-DOS、Windowsばかりかワークステーション用UNIXなどあらゆるOSに対応できるものであり、ハード一体型に構成してもよいことはいふまでもない。

【0026】本発明のウェーブレット変換波形信号解析ツールによる解析方法では、連続ウェーブレット変換解析、直交ウェーブレット変換解析、逆ウェーブレット変換解析、FFT（高速フーリエ変換）、IFFT（逆高速フーリエ変換）、SFT（ショートタイム・フーリエ変換）、ウィグナービル分布解析、一般数値解析等の解析機能ばかりか、解析結果データやデータロード機能で読み込まれたデータを表示するデータ表示機能と、解析に要する入力データおよび出力データを保存するデータ入出力機能を持ち、時（空）間的に性質が変化する非定常データの解析に適し、時（空）間的小および周波数的に最大可能な分解能を持つので、データの詳細なスペクトル変化を細かい時間間隔で解析できる特徴をもっている。

【0027】連続ウェーブレット変換解析では、メイヤー関数、ガボール関数、メキシカンハット関数、ハール関数、フレンチハット関数、Daubechies（ドゥブチ）関数などをサポートし、解析目的に合わせて他のウェーブレット関数を自由に登録できるようになっている。

【0028】直交ウェーブレット変換解析、逆ウェーブレット変換解析では、特に重要なメイヤー関数、ハール関数をサポートし、他の関数もサポートできるようになっており、フーリエ変換解析、SFT（ショートタイム・フーリエ変換）解析、ウィグナービル分布解析では、窓関数としてハニング、ハミング、カイザー窓などをサポートし、FFT（高速フーリエ解析）点数は、最大8192点まで可能となっている。

【0029】データ解析機能では、まず解析設定がなされ、解析設定では解析選択と範囲指定がなされ、解析選択では解析内容、関数形、パラメータが含まれており、第一に、どのバッファのデータに対して、第二にどのような解析を行い、第三にどのバッファに解析結果を書き込むかを指定して解析を実行するもので、解析に当たり

指定できるパラメータには、基本ウェーブレットデータ点数、解析周波数（次数）範囲、逆ウェーブレット変換範囲、FFT（高速フーリエ解析）点数、窓サイズ、データ解析範囲などがあり、ウェーブレット解析を中心として、連続ウェーブレット変換解析、直交ウェーブレット変換解析、逆ウェーブレット変換解析、FFT（高速フーリエ解析）、IFFT（逆高速フーリエ解析）、SFT（ショートタイム・フーリエ変換）、ウィグナー分布解析などの解析ができるほか、オプションとしての補助解析も保有しており、オプションで一般数値解析（微積分、13統計処理など）ができるようになっている。

【0030】また、いままで変換に使うウェーブレット関数形は非常に限られていて、ユーザーが自由に登録することができなかったが、本発明の解析機能では、ウェーブレット関数は、メイヤー関数、カボール関数、ハール関数、メキシカンハット関数、フレンチハット関数、Daubechies（ドゥブチ）関数などを標準装備していることもあり、広範囲のウェーブレット関数形をサポートし、更に、任意のデータをウェーブレットとして採用、登録できるようになっており、ガボール関数においてはパラメータを変更することができ、さらに、あらゆる任意の関数をウェーブレット関数形として採用・登録し利用できるようにしている。

【0031】さらに数値計算に使われる基本関数、及びそれを合成した関数を関数形として採用、登録し利用できるようにしている。

【0032】さらに、信号データ、解析データ用に10のデータバッファを持っており、1個の信号データに、限定されないが7種の解析、4個のデータに各1種の解析などが実行可能となっていて、拡張メモリ上に自由に設定することができ、信号データファイル、解析結果ファイル、ウェーブレットファイルなど、多くのデータを様々な角度から解析することができるようになっている。

【0033】解析可能データ数は搭載されているメモリ容量に依存するが、データバッファの容量割り当てを自由に設定できるようになっている。

【0034】データ表示機能では、表示画面指定、表示パラメータ設定、表示形式の指定、拡大・縮小、スクロール、ヘッダー表示／入力／修正、ズーム、カラースケール設定の表示がなされ、解析結果データやデータロード機能で読み込まれたデータは豊富なデータ表示機能を使って詳細に解析することができ、補助解析機能と組み合わせることによって、一層強力なデータ解析が可能となり、使用者の利用形態を想定し、表示能力に十分な注意を払っているだけに高度なウェーブレット変換波形信号解析を、各種の豊富な形でわかりやすく表示することもできるようになった。

【0035】表示画面指定は、画面が縦横の分割数が1×1（画面数1）、1×2（画面数2）、2×1（画面

数2)、2×2(画面数4)、2×3(画面数6)、4×1(画面数4)、4×2(画面数8)、4×3(画面数12)など多様な8タイプから構成され、各画面タイプの各分割画面に、どのバッファデータを表示するかは任意に指定することが出来るが、パソコン内部のデータや操作手順を表示する画面上の窓として最大10ウィンドウまで表示できるようになっている。

【0036】表示パラメータ設定、表示形式の指定では、x、y、zのオフセット、スケール、グラフ形式(点プロット表示、カラーマップ、ライン表示、透視画面など)、データ形式(実数、実部、虚部、絶対値、パワー、位相など)、スケール形式(リニア、対数など)など分割画面の表示の仕方が指定出来るようになっている。

【0037】拡大・縮小、スクロールでは、特定のウィンドウの拡大、縮小およびスクロール表示ができるようになっており、ヘッダー表示/入力/修正では、解析データのタイトル、コメントなどが入力できるようになっている。

【0038】そのほか、ズームとして指定したチャンネルのデータをフル画面で表示でき、比較表示、断面表示、任意部分の拡大などができるようになっている。

【0039】本発明では、多様な解析内容と表示内容を選択できるようになっているが、その反面、同種のデータに同種の解析、表示を行いたい場合、一回一回解析、表示内容を設定していたのでは手間も掛かるし、ミスも生じやすい。そこで、一旦、解析内容、表示内容を設定した後、ファイルに保存しておき、必要になったら再びロードし解析し、表示内容を自動的に設定できるようにしており、この機能により定型的な解析を行う作業効率が大幅に向上することになった。

【0040】従来の方法では、解析内容、表示内容が制限されており、その結果使える部分が非常に限られ、多様な解析条件に迅速には対応できなかったが、本発明では多数のデータに対し、同じ条件で繰り返し解析する場合には、一度適切な解析条件が決まれば、その条件をセットすることができ、ルーチンな解析作業を効率化することができるようになった。

【0041】つまり、多種・多様な解析、表示機能を各種の解析にカスタマイズすることで解析の多様化と効率化が同時に実現できることになった。

【0042】また、一般数値解析及び/または補助解析、補助画像処理などを行うことにより、ウェーブレット解析の特徴を遺憾なく発揮するための前処理、後処理に用いるため、単なる解析結果データの表示では見えにくかった現象などを明確にとらえることができるようになった。

【0043】データ入出力機能では、ロード/セーブ、ユーティリティのほか、アナログ入力、アナログ出力で構成されており、ロード/セーブは解析ロード/セーブ

と画面データロード/セーブが含まれており、データセーブ機能はデータバッファ上の信号データや解析結果データの数値データがセーブされ、グラフィック表示画面もそのままセーブできるようになっている。

【0044】データロード機能は、セーブされた数値データを指定したチャンネルにロードし、セーブされたグラフィック表示画面は、画面上に表示出来る。

【0045】データ入力機能では、いままではデータの入力がハードウェアやフォーマットに依存するという不都合があったが、本発明のデータ入力機能によれば、MS-DOSなどあらゆるOSのファイルフォーマットでアスキー、バイナリー形式のデータであれば広範囲にほとんどのデータが扱え、それらを入力・解析でき、フロッピーディスクを介したデータの入力ばかりか、バージョンアップでGPIB(ゼネラル・パーパス・インターフェース・バス)などの汎用インターフェイスを介してデータ入力ができるようになったばかりか、A/Dボードを使ったアナログ入力にも対応できるようになった。

【0046】データ出力機能では、いままでは解析結果のデータは画像データの形で保存するだけで数値データとして保存できないため、解析結果に基づいて二次処理、二次解析を行うことができないが、本発明のデータ出力機能によれば、解析結果を数値データの形で保存できるため、二次解析を行うことができるようになった。

【0047】図1は、本発明の実施に用いるウェーブレット変換波形信号解析装置のブロック図で、CRT(陰極線管)またはLCD(液晶表示装置)などのディスプレイ1、プリンター2、画面上の指示表示(カーソル)を操作するマウス3にそれぞれ接続する解析装置4と、該解析装置4に内蔵または分離されているキーボード5と、解析装置4に接続するデータバッファ用メモリーボード6、アナログ入力用A/D(アナログ・デジタル)ボード7、アナログ出力用D/A(デジタル・アナログ)ボード8、高速・並列演算用DSP(デジタル・シグナル・プロセッサ)ボード9、外部機器接続用GPIB(ゼネラル・パーパス・インターフェース・バス)ボード10、HDD(ハードディスクドライブ)11、インターフェースにつながるデジタルI/O(入出力)装置25で構成され、ディスプレイ1はCRT(陰極線管)、LCD(液晶表示装置)などが用いられ、解析装置4はPC98シリーズ、PC(パソコン)/AT互換機(CPU i80386以上、コプロセッサ付き)、DOS(ディスク・オペレーティング・システム)/V機、マッキントッシュなどが用いられ、ワークステーションやミニコ16などが使われることもあり、OS(オペレーティングシステム)として、MS-DOS、Windowsばかりか、ワークステーション用UNIXなども含むものであり、ハード一体型に構成してもよいことはいうまでもないことである。

【0048】図2～図5は、高速で回転する機械の音を

マイクで録音し、本発明によるウェーブレット変換波形信号解析ツールによる解析によって解析した結果を示したものであって、解析に用いたウェーブレットはガボール関数で、用いたパラメータではほぼ4波長分のガウシアン窓をもった三角関数に該当するものである。

【0049】解析結果として、図2、図3は画面が0ms～100msのデータを示し、図4、図5は画面が50ms～75msのデータを示しており、図2、図4は、信号データを表示し、図3、図5は、ウェーブレット解析結果を12段階のカラースケールで表示している。

【0050】こうした解析結果から、時間の経過とともに周波数分布が推移している様子が明確に見て取れるものである。特に、高い周波数部分で時間的に激しく変化している様子などは、フーリエ解析ではばやけてしまい、明瞭に見ることができないものであり、全体的に周波数分布の多重構造も、明瞭に浮き彫りにされるようになっている。

【0051】図6は、本発明の実施に用いる一体型のウェーブレット変換波形信号解析装置のブロック図で、MPU（中央演算処理装置）12、RAM13、ROM14、キーボード16に連設されたキーボードI/F15、CRT18に連設されたCRT I/F17、プリンタ20に連設されたプリンタI/F19、FDD21、マウス23に連設されたマウスI/F22、HDD（ハードディスクドライブ）24、高速、並列演算用DSP（デジタル・シグナル・プロセッサ）ユニット26、デジタルI/O（入出力）装置27、アナログ入力用A/Dボード28、アナログ出力用D/Aボード29、外部機器接続用GPB（データ伝送規格、ゼネラル・パーパス・インターパーパス・バス）ボード30で構成された実施例であり、解析機能、データ表示機能、データ入出力機能がコンパクトに一体化されており、簡単に搬送することができるばかりか、操作も複雑さを除去できるようになっている。

【0052】

【発明の効果】以上のように、この発明に係わるウェーブレット変換波形信号解析システムとウェーブレット変換波形信号解析ツールによる解析方法及びそれに用いる解析装置によれば、本発明のために開発したアルゴリズムにより、定常波形信号はもちろんのこと、従来解析が困難であった不連続波形や特異点を有する波形などの非定常波形信号でも短時間に解析でき、ウェーブレット変換手法を用い、パソコンなどによって、手軽に、しかも、簡単にウェーブレット変換波形解析ができるばかりか、連続ウェーブレット変換、直交ウェーブレット変換、逆ウェーブレット変換など、本格的なウェーブレット変換波形解析ができ、データの詳細なスペクトル変化を細かい時間間隔で解析できるようになった。

【0053】また、その解析結果をフーリエ解析、ウイ

グナー解析などのけっかと比較検討できるようになった。

【0054】また、計算した結果は、表示画面指定によって、縦横の分割数が1×1（画面数1）、1×2（画面数2）、2×1（画面数2）、2×2（画面数4）、2×3（画面数6）、4×1（画面数4）、4×2（画面数8）、4×3（画面数12）など多様な8タイプの表示形態を駆使し、各画面タイプの各分割画面に、どのバッファデータを表示するかが任意に指定することもでき、豊富な使いやすい表示機能、カラーハードコピー、データロープ/セーブ機能を使い、解析データの分析、比較、他の解析手法との比較等の連携ができるようになった。

【0055】また、ウェーブレット係数の算出範囲を密にし、周波数ドミナント表示で各時刻の支配的周波数を追跡することで周波数推移過程を高い周波数精度で検出することが可能となった。従ってたとえばドップラシフトを精度良く検出出来るようになった。

【0056】また、ウェーブレット関数形を適切に選択し、かつ周波数ドミナント表示で中心的周波数の推移を追跡することで、急激な中心的周波数の変化する位置を検出することができるようになった。一例として地震波の初期微動に含まれるある種の推移位置を検出できるようになった。

【0057】さらに、心電図のレイトポテンシャルの存在を適切なウェーブレットと時間ドミナント表示により検出することができるようになった。

【0058】また、総じて周波数分布の時間的変化をウェーブレット関数、解析方式・範囲や表示方法を巧みに選択することにより時間的、周波数的に精度良く把握することができるようになった。

【0059】また、逆直交変換と直交変換係数をうまく編集することで、オリジナル音響データにあった「不快」感成分を抽出することができるようになり、抽出した成分及び／または抽出して残った成分を音響信号として耳で確認することもできるようになった。

【0060】さらに、豊富なオプション機能を保有するため、バージョンアップに合わせて最適な解析環境を整備できるようになった。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施に用いるウェーブレット変換波形信号解析装置のブロック図。

【図2】本発明の実施による信号データの表示図。

【図3】本発明の実施によるスケール表示図。

【図4】本発明の実施による信号データの表示図。

【図5】本発明の実施によるスケール表示図。

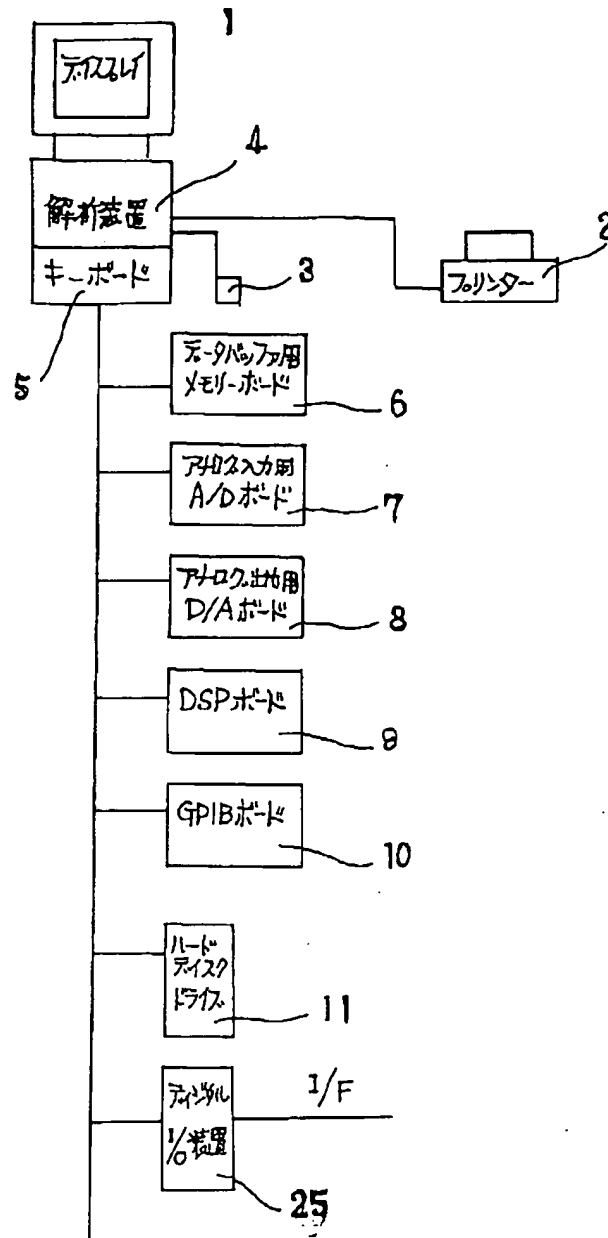
【図6】本発明の実施に用いる一体型ウェーブレット変換波形信号解析装置のブロック図。

【符号の説明】

1：ディスプレイ

2 : プリンター
3 : マウス
4 : 解析装置
5 : キーボード
6 : データバッファ用メモリーボード
7 : アナログ入力用 A/D ボード
8 : アナログ出力用 D/A ボード
9 : 高速、並列演算用 DSP ボード
10 : 外部機器接続用 GPIB ボード
11 : ハードディスクドライブ
12 : MPU (中央演算処理装置)
13 : R A M
14 : R O M
15 : キーボード・インターフェース
16 : キーボード
17 : CRT インターフェース
18 : C R T
19 : プリンタインターフェース

20 : プ リ ン タ
21 : FDD (フロッピー・ディスク・ドライブ)
22 : マウス・インターフェース
23 : マウス
24 : ハードディスクドライブ
25 : デジタル I/O (入出力) 装置
26 : DSP ユニット
27 : デジタル I/O (入出力) 装置
28 : A/D ボード
29 : D/A ボード
30 : GPIB ボード
【手続補正 3】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図 1
【補正方法】変更
【補正内容】
【図 1】



【手続補正 4】

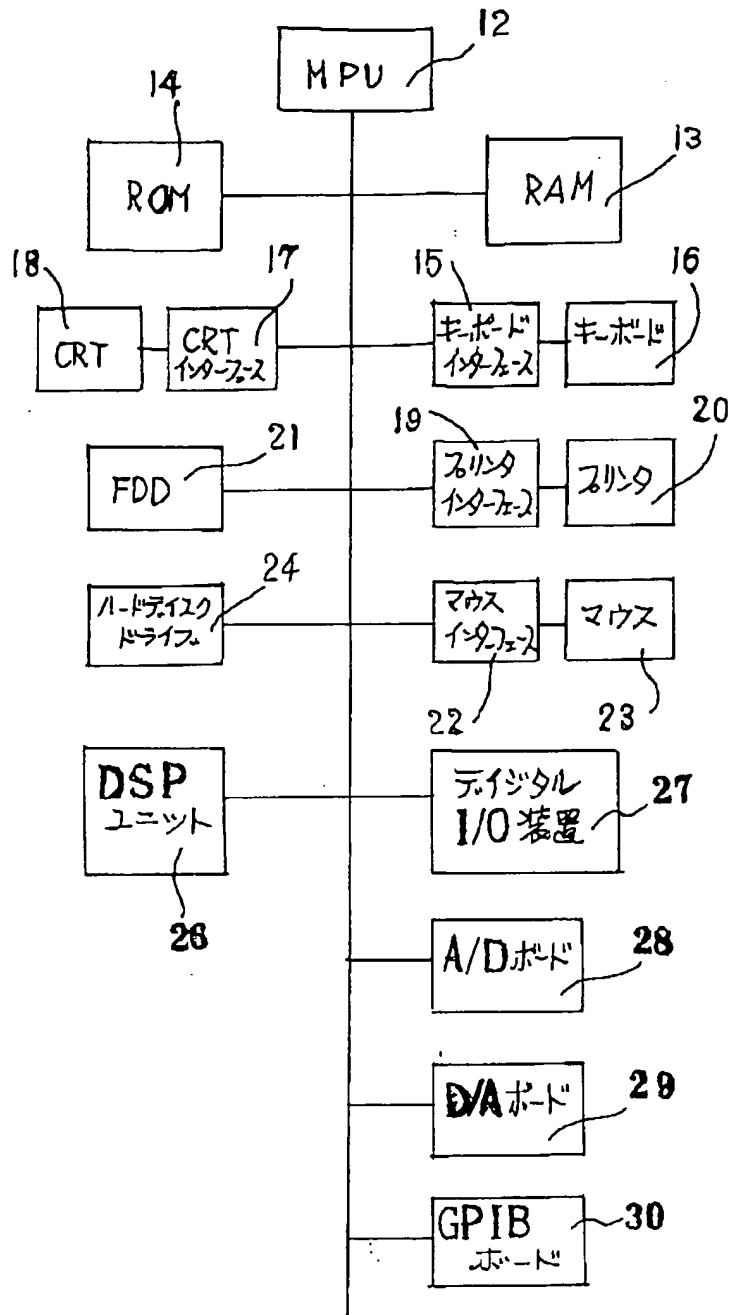
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 6

【補正方法】変更

【補正内容】

【図 6】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ ~~BLACK BORDERS~~

☒ ~~IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES~~

☒ ~~FADED TEXT OR DRAWING~~

☒ ~~BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING~~

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.